

US 6,288,493 B1

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number : 2001-085196

(43) Date of publication of application : 30.03.2001

(51) Int.CI. H05H 1/46

C23C 16/507

H01L 21/205

H01L 21/3065

(21) Application number : 2000-
192572

(71) Applicant : JUSUNG ENGINEERING
CO LTD
KOREA ADVANCED
INST OF SCI TECHNOL

(22) Date of filing :

27.06.2000 (72) Inventor : LEE YONG-KWAN
YOON NAM-SIK
KIM SUNG-SIK
LEE PYUNG-WOO
CHANG HONG-YOUNG

(30) Priority

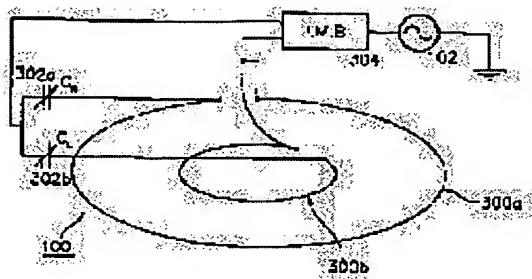
Priority 99 9935702 Priority 26.08.1999 Priority KR
number : date : country :

(54) ANTENNA DEVICE FOR GENERATING INDUCTIVELY COUPLED PLASMA

Serial No. 10/748,277
Filed: December 31, 2003
Attorney Docket 249/409

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To work a sample having a large area by supplying high frequency power from a high frequency power source, and keeping a resonance state between first and second antennas connected in parallel to generate large scale plasma.



SOLUTION: Two antenna units connected in parallel are made of a single turn wire or a compound wound wire, and contain variable loads 302a, 302b such as variable capacitor for keeping a resonance state between antennas 300a, 300b indicated by

equivalent resistance and equivalent inductance. Preferably, an impedance matching circuit 304 in which a variable inductor and a variable capacitor are connected in parallel to between both antenna units is connected to a high frequency power source 102, and energy from the high frequency power source 102 is transmitted at the maximum. Problems of impedance matching caused by increase in scale of an antenna device 100 are solved, and energy transmitted with the specified antenna unit is selectively increased or decreased by induction to a resonance state to increase the uniformity of plasma.

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-85196

(P2001-85196A)

(43)公開日 平成13年3月30日(2001.3.30)

(51)Int.Cl.⁷

H 05 H 1/46

識別記号

F I

マーク(参考)

C 23 C 16/507

H 01 L 21/205

21/3065

H 05 H 1/46

L

R

C 23 C 16/507

H 01 L 21/205

21/302

B

審査請求 有 請求項の数12 O L (全 8 頁)

(21)出願番号 特願2000-192572(P2000-192572)

(71)出願人 500302220

周星エンジニアリング株式会社
JUSUNG ENGINEERING
CO., LTD.

(22)出願日 平成12年6月27日(2000.6.27)

大韓民国京畿道廣州郡五浦面陵坪里49番地

(31)優先権主張番号 1999-35702

(71)出願人 592127149

(32)優先日 平成11年8月26日(1999.8.26)

韓国科学技術院
大韓民国大田広域市儒城区九城洞373-1

(33)優先権主張国 韓国(KR)

番地

(74)代理人 100097180

弁理士 前田 均 (外2名)

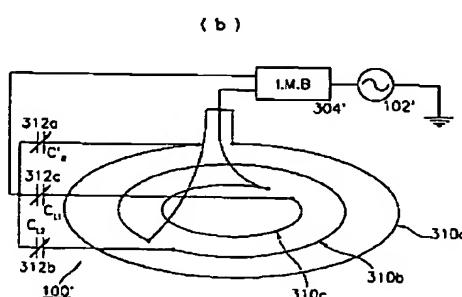
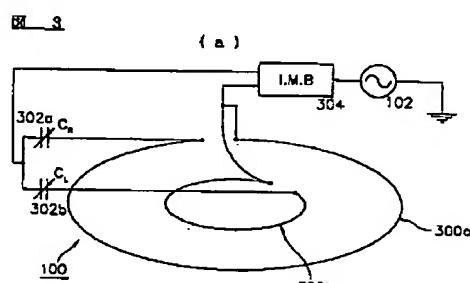
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 誘導結合型プラズマ発生用アンテナ装置

(57)【要約】

【課題】この発明の目的は、大面積の試料を加工できる大仕掛けのプラズマを発生するためのアンテナ装置を提供することにある。

【解決手段】上記のような目的を達成するためになされたこの発明は、大仕掛けのプラズマを生成するためのプラズマ発生装置のためのアンテナ装置において、高周波電源と、該高周波電源から高周波電力を供給される第1のアンテナと、前記高周波電源から高周波電力を供給されて前記第1のアンテナに並列接続されるが、該第1のアンテナとの間で共振状態を保つ第2のアンテナとを含むことを特徴とする。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】大仕掛けのプラズマを生成するためのプラズマ発生装置のためのアンテナ装置において、

高周波電源と、

該高周波電源から高周波電力を供給される第 1 のアンテナと、

前記高周波電源から高周波電力を供給されて前記第 1 のアンテナに並列接続されるが、該第 1 のアンテナとの間で共振状態を保つ第 2 のアンテナとを含むことを特徴とするプラズマ発生装置のためのアンテナ装置。

【請求項 2】前記第 2 のアンテナは、前記第 1 のアンテナとの間で共振状態を保つための可変負荷に接続されたことを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマ発生装置のためのアンテナ装置。

【請求項 3】前記第 1 のアンテナ及び第 2 のアンテナに並列接続された第 3 のアンテナをさらに含むことを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマ発生装置のためのアンテナ装置。

【請求項 4】前記第 1 のアンテナと第 2 のアンテナ及び第 3 のアンテナは相互間に共振状態を保つことを特徴とする請求項 3 に記載のプラズマ発生装置のためのアンテナ装置。

【請求項 5】前記高周波電源と前記第 1 の及び第 2 のアンテナとの間のインピーダンスを整合するためのインピーダンス整合回路をさらに含むことを特徴とする請求項 1 ~ 4 中、いずれかの 1 項に記載のプラズマ発生装置のためのアンテナ装置。

【請求項 6】大仕掛けのプラズマを生成するためのプラズマ発生装置のためのアンテナ装置において、

高周波電源と、

該高周波電源から高周波電力を供給される第 1 のアンテナ及び該第 1 のアンテナと並列に接続された第 2 のアンテナを備えられた第 1 のアンテナセットと、

前記高周波電源から高周波電力を供給される第 3 のアンテナ及び該第 3 のアンテナに並列接続された第 4 のアンテナを備えるが、前記第 1 のアンテナセットに並列接続された第 2 のアンテナセットとを含み、

前記第 1 のアンテナと第 2 のアンテナの相互間に共振状態が保たれることを特徴とするプラズマ発生装置のためのアンテナ装置。

【請求項 7】前記第 2 のアンテナは、前記第 1 のアンテナとの間で共振状態を保つための可変負荷に接続されたことを特徴とする請求項 6 に記載のプラズマ発生装置のためのアンテナ装置。

【請求項 8】前記第 3 のアンテナと第 4 のアンテナとの相互間に共振状態が保たれることを特徴とする請求項 6 に記載のプラズマ発生装置のためのアンテナ装置。

【請求項 9】前記第 4 のアンテナは、前記第 3 のアンテナとの間で共振状態を保つための可変負荷に接続されたことを特徴とする請求項 8 に記載のプラズマ発生装置の

ためのアンテナ装置。

【請求項 10】前記第 1 のアンテナセットは、該第 1 のアンテナ及び第 2 のアンテナに並列接続された第 5 のアンテナをさらに含むことを特徴とする請求項 6 ~ 9 中、いずれかに記載のプラズマ発生装置のためのアンテナ装置。

【請求項 11】前記高周波電源と前記第 1 及び 2 のアンテナセットとの間のインピーダンスを整合するためのインピーダンス整合回路をさらに含むことを特徴とする請求項 6 ~ 10 中、いずれかの 1 項に記載のプラズマ発生装置のためのアンテナ装置。

【請求項 12】前記第 1 及び 2 のアンテナセットとの相互間で共振状態を保つことを特徴とする請求項 6 ~ 10 中、いずれかの 1 項に記載のプラズマ発生装置のためのアンテナ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、プラズマを発生するためのプラズマ発生装置に使用されるアンテナ装置に係り、より詳しくは、大型試料を加工できる広い有効面積と均一にして高密度を有するプラズマを発生させ得る誘導結合型プラズマ発生用アンテナ装置に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体ウェーハあるいは平板表示装置などのごとき微細パターンを形成すべき技術分野においてはプラズマを生成して乾式食刻（エッチング）、化学気相蒸着、スパッタリングなどの各種の表面処理工程を行う。最近では費用の節減及びスループット向上などを達成するため、半導体装置用ウェーハや平板表示装置用基板の大きさが例えば、300mm以上に大型化される傾向があり、これによって、このような大型のウェーハや基板を加工するためのプラズマ発生装置の規模も増大している。

【0003】従来のプラズマの発生源としては、ダイオード方式、マイクロ波方式、ラジオ波方式などの高周波動力を使用したプラズマ発生方式を利用するものがある。ところで、ダイオード方式によれば高電圧を制御し難く、高圧の気体圧力を要することから、微細パターンの加工には適切でなかった。さらに、マイクロ波方式の一種である電子加速共鳴（Electron Cyclotron Resonance；ECR）方式によれば、低圧下においても高密度のプラズマを生成できる長所はあるが、プラズマの分布を均一に形成し難い短所があり、このような短所は、プラズマの規模が増大することにつれてさらに顕著になる。ひいては、誘導結合（inductively coupled）方式とも呼ばれているラジオ波方式の一種であるヘリコン波（helicon wave）方式によれば、電気場と磁気場のエネルギーを複合して励起（excite）させることによって、小規模のプラズマでは均一な分布を有す

る高密度のプラズマを発生せしめ得るが、相変わらずプラズマの規模が大なる場合には、密度分布が均一でないという短所を有する。

【0004】図1を参照して通常の誘導結合方式のプラズマ発生装置について簡略に述べる。前記プラズマ発生装置(10)は、プラズマ(118)が生成されるチャンバー(104)を含み、該チャンバー(104)には反応ガスを供給するためのガス注入口(110)とチャンバーの内部を真空に保持して反応が終わると反応ガスを排出するための真空ポンプ(112)及びガス排出口(114)が形成される。また、前記チャンバー(104)の内部にはウェーハあるいはガラス基板などの試料(106)を載置するためのチャック(108)が形成されており、前記チャンバー(104)の上部には高周波電源(102)に接続されたアンテナ(100)が設置される。該アンテナ(100)とチャンバー(104)との間には絶縁板(116)を設置してアンテナ(100)とプラズマ(118)との間の容量性結合(capacitive coupling)を減少させることによって、高周波電源(102)からのエネルギーが誘導性結合(inductive coupling)によってプラズマ(118)への伝達を助ける。

【0005】上記のごとき仕組みのプラズマ発生装置(10)は、次のようにプラズマを生成する。すなわち、初期にチャンバー(104)の内部は前記真空ポンプ(112)により真空化されるように排気されてから、ガス注入口(110)からプラズマを発生させるための反応ガスが導入され、必要な圧力で保持される。ついで、前記アンテナ(100)には高周波電源(102)から、例えば13.56MHzのRF高周波電力が印加される。

【0006】従来のプラズマ発生装置(10)には、図2(a)および(b)に示すように、螺旋形アンテナ(200)あるいは複数(例えば、3つ)の分割電極型アンテナ(202a、202b及び202c)が使用されていた。よって、RF電力の印加につれてアンテナ(100)のなす平面と垂直方向の時間的に変化する磁気場が形成される。このような時間的に変化する磁気場は、前記チャンバー(104)の内部に誘導電気場を形成し、誘導電気場は、電子を加熱してアンテナ(100)と誘導性で結合されたプラズマが発生することになる。このように、電子は周辺の中性気体粒子と衝突してイオン及びラジカルなどを生成し、これらはプラズマ食刻及び蒸着に利用されることになる。また、別途の高周波電源(図示なし)からチャック(108)に電力を印加すると、試料(106)に入射するイオンのエネルギーを制御することも可能となる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】ところで、図2(a)に示されたごとき螺旋形構造のアンテナ(200)では

は、該アンテナを構成するそれぞれの巻線が直列に連結されている構造であるため、巻線ごとに流れる電流量が一定になる。かかる場合、誘導電気場の分布を調整し難く、チャンバー(104)の内壁でのイオン及び電子の損失によってプラズマ(118)の中心部が高い密度をもつようになり、チャンバー(104)の内壁に近い部分にはプラズマの密度の低下を防ぎ難くなる。よって、プラズマ(118)の密度を均一に保つのがきわめて難しくなる。

【0008】さらに、アンテナ(200)のそれぞれの巻線が直列に連結されているため、アンテナ(200)による電圧降下(voltage drop)が大きくなることから、プラズマ(118)との容量性結合による影響が増加する。よって、電力効率が低下してプラズマの均一性を保ち難くなる。

【0009】次に、図2(b)に示すように、相互に位相の異なる3つの高周波電源(204a、204b及び204c)にそれぞれ接続された3つの分割電極(202a、202b及び202c)構造のアンテナでは、それぞれ分割電極に近接した位置ではプラズマの密度が高く、チャンバー(104)の中央部になるほどプラズマの密度が小さいことから、プラズマの均一性を確保するためには困難性が伴い、とりわけ、広い面積の試料を処理するのに顕著な困難性が伴う。また、それぞれ独立的に動作させる電源を使用しなければならないことから、費用が増加し、電源を効率的に使用するためのインピーダンス整合をするためには、それぞれの分割電極ごとに独自的なインピーダンス整合回路を使用すべきであるとの問題点があった。

【0010】(発明の目的)そこで、この発明は上記種々の問題点を解決するためになされたものであって、この発明の目的は、大面積の試料を加工できる大仕掛けのプラズマを発生するためのアンテナ装置を提供することにある。

【0011】この発明のほかの目的は、プラズマの密度分布が均一になるようにするためのアンテナ装置を提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】上記のような目的を達成するためになされたこの発明は、大仕掛けのプラズマを生成するためのプラズマ発生装置のためのアンテナ装置において、高周波電源と、該高周波電源から高周波電力を供給される第1のアンテナと、前記高周波電源から高周波電力を供給されて前記第1のアンテナに並列接続されるが、該第1のアンテナとの間に共振状態を保つ第2のアンテナとを含むことを特徴とする。

【0013】また、大仕掛けのプラズマを生成するためのプラズマ発生装置のためのアンテナ装置において、高周波電源と、該高周波電源から高周波電力を供給される第1のアンテナ及び該第1のアンテナと並列に接続された

第2のアンテナを備えられた第1のアンテナセットと、前記高周波電源から高周波電力を供給される第3のアンテナ及び該第3のアンテナに並列接続された第4のアンテナを備えるが、前記第1のアンテナセットに並列接続された第2のアンテナセットとを含み、前記第1のアンテナと第2のアンテナの相互間に共振状態が保たれることを特徴とする。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、この発明に従う一実施例について添付図に沿つて詳述する。

【0015】まず、図3（a）及び4（a）を参照すれば、図3（a）はこの発明の一実施例に沿うアンテナ装置の概念図であり、図4（a）は図3（a）におけるアンテナ装置の等価回路図である。図に示されたように、この発明のアンテナ装置（100）は相互間に並列に連結される複数のアンテナユニット（400aあるいは400b）を含み、該それぞれアンテナユニット（400aあるいは400b）は可変負荷（302aあるいは302b）及び単巻線あるいは複巻線のアンテナ（300aあるいは300b）をそれぞれ含む。該アンテナ（300aあるいは300b）は等価抵抗（R1あるいはR2）と等価インダクタンス（L1あるいはL2）で表示しており、キャシタンス成分は共振可変キャパシタ（CR）あるいは可変負荷キャパシタ（CL）で吸収させて表示した。

【0016】さらに、前記アンテナ装置（100）は、前記複数のアンテナユニット（400aあるいは400b）と高周波電源（102）との間のインピーダンス整合（impedance matching）のためのインピーダンス整合回路（Impedance Matching Box；I.M.B.）（304）を含む。ここで、前記複数のアンテナユニット（400a及び400b）は、可変負荷、例えば、可変キャパシタ（CR、302a）によって相互間に共振状態が保たれるが、これがこの発明のアンテナ装置（100）の有する最も重要な特長である。図4（a）に沿つてこの実施例に沿うアンテナ装置（100）の共振状態について以下において詳述する。

【0017】図4（a）は図3（a）のアンテナ装置の等価回路図である。すなわち、高周波電源（102）に接続されたインピーダンス整合回路（304）を通じて電力が供給され、第1の可変負荷（302a）及びそれに直列に接続された第1のアンテナ（300a）を含む第1のアンテナユニット（400a）と、第2の可変負荷（302b）及びそれに直列に接続された第2のアンテナ（300b）を含む第2のアンテナユニット（400b）は相互間で並列に接続される。

【0018】ここで、前記第1のアンテナユニット（400a）と第2のアンテナユニット（400b）による等価インピーダンスの虚数部が0（零）になるように前

記第1の可変負荷（302a）の大きさを調整することができる。これは例えば、図に示されたように可変キャパシタ（CR）を使用してそのキャシタンスを調整することによって当業者が容易に達成できることであるから、その詳細な説明は省くことにする。このような共振状態になると、前記第1のアンテナユニット（400a）と第2のアンテナユニット（400b）の内部を流れる電流の大きさが相互に同一になり、その過程を通じて外側に位置する第1のアンテナユニットの電流を増加させうことになる。

【0019】次に、高周波電源（102）からのエネルギーが前記第1及び2のアンテナユニット（400a及び400b）に最大限に伝達されるためには、通常のインピーダンス整合方法を使用すると良い。すなわち、前記第1及び2のアンテナユニット（400a及び400b）内部の可変負荷が一応決定されると、全体を固定された負荷とみなされうことから、その等価インピーダンスに整合させ得るインピーダンス整合回路（304）を決定することができる。前記インピーダンス整合回路（304）はこの技術分野すでに公知となっている方式で具現できるが、例えば、可変インダクター（L₁）及び可変キャパシタ（C₁）が並列で連結された簡単な回路を利用することができる。

【0020】すなわち、この実施例のアンテナ装置（100）は、第2のアンテナ（300b）自体の伝達エネルギーを調整するための可変負荷（302b）の大きさを決定し、第1のアンテナ（300a）と第2のアンテナ（300b）の相互間に共振状態を形成するよう共振可変負荷（302a）の大きさを決定してから、高周波電源（102）とのインピーダンスを整合させることで、高周波電源（102）から供給されるエネルギーがチャンバー（104）内のプラズマ（118）に効率的に伝達されるばかりか、位置に相応されるプラズマの均一度を増加させ得ることになる。

【0021】次に、図3（b）及び4（b）を参照してこの発明の他の実施例について述べる。図に示されたように、この発明のアンテナ装置（100'）は、共振状態を保持できる条件が保持されたら、任意の個数のアンテナユニット（410a、410bあるいは410c）を含ませることができる。図に示す実施例では、アンテナユニットが3つの場合を示している。図4（b）の等価回路図を参照すれば、それぞれアンテナユニット（410a、410bあるいは410c）は可変負荷（312a、312bあるいは312c）を含み、そのうちの2つのアンテナユニット（410b及び410c）内に取付けられた可変負荷（312bあるいは312c）の大きさを調整することによって2つのアンテナユニット（310b及び310c）を流れる電流比を調整することができるし、残りの1つのアンテナユニット（310a）は回路内での共振状態を誘導するのに使

用され得る。このような実施例は共振状態にあるアンテナユニット（310-a）が外側巻線を形成し、残りのアンテナユニット（310-b及び310-c）が内側巻線を形成するようにしてアンテナ装置を全体的にエネルギーの均一度を容易に向上せしめ得る。ここで、内側アンテナユニット（410-b及び410-c）の可変負荷（312-bあるいは312-c）は特定の実施例では省略できることにも留意すべきである。

【0022】また、上記のように、全体のアンテナユニット（410-a、410-b及び410-c）に供給されるエネルギーを最大化するため、高周波電源（102'）とのインピーダンス整合を達成すべきであり、このため、インダクター（L₁'）及びキャパシタ（C₁'）を含むインピーダンス整合回路（304'）を使用する。

【0023】この実施例に沿うアンテナ装置（100'）は、図3（a）に示された実施例の場合よりさらに大がかりのプラズマを均一にして効率的に形成することができる。

【0024】次に、図5及び6を参照して、この発明の他の実施例について説明する。図5に示す実施例では、図3（a）のアンテナ装置（100）に含まれたアンテナユニット（400-a及び400-b）と同一の構成を有するアンテナユニットを1セットさらに含まれた場合を示す。すなわち、図5のアンテナ装置（500）の等価回路図を示す図6を参照すると、前記アンテナ装置（500）には第1のアンテナユニット（510-a）及び第2のアンテナユニット（510-b）を含む第1のアンテナセット（520-a）と、第3のアンテナユニット（510-c）及び第4のアンテナユニット（510-d）を含む第2のアンテナセット（520-b）が含まれる。前記それぞれのアンテナユニット（510-a、510-b、510-cあるいは510-d）は、上記他の実施例で使用されるものと同様に可変負荷を含むことができる。とりわけ、それぞれのアンテナセット（520-aあるいは520-b）のアンテナユニット（510-a及び510-bあるいは510-c及び510-d）の間では共振状態が保持され、これは共振可変負荷（CR1あるいはCR2）の大きさを調整することによって達成され得る。また、前記全体のアンテナセット（520-a及び520-b）と高周波電源（102'）との間に接続されたインピーダンス整合回路（504）によってエネルギーの伝達が最大化される。

【0025】この実施例では、前記アンテナセットの個数が2つの場合を例示したが、プラズマの規模が大きくなるか、より精密に均一度を制御するため、それ以上のアンテナセットを設置することもでき、以下において説明するように、それぞれのアンテナセットに含まれるアンテナユニットの個数が2つの場合に限定されることもない。特に、留意すべき点は内側に位置されたアンテナ

セットの場合に人为的に共振状態を保持しないようにすることもできるという点である。これは、外側に位置されたアンテナセットより少ない電力がプラズマに供給されるようにして、プラズマの均一度を向上させるための目的を達成するための場合に実施され得るし、外側のアンテナセットに共振状態を保持せしめることで、より大きい電力を供給できることになる。

【0026】すなわち、図7を参照すると、図7は図3（b）のアンテナ装置（100'）に使用された3つのアンテナユニットを含むアンテナセットが2つ以上含まれたアンテナ装置（600）が示されている。この実施例においても、アンテナユニットの、共振状態、それぞれのアンテナユニットのエネルギーの強さ、高周波電源とのインピーダンスの整合などについては上述と同様であるか、類似する。

【0027】

【発明の効果】上述のように、この発明によれば、プラズマを発生させるためのアンテナ装置の規模が大きくなるにつれて発生されるインピーダンス整合の問題が解決でき、さらに、アンテナ内に共振状態を誘導して特定のアンテナによって伝達されるエネルギーを選択的に増減できることから、プラズマの均一度を顕著に増加せしめ得るのである。

【0028】この発明の技術思想は、上記実施例に沿って具体的に記述したが、上記実施例はそれを説明するためのものであって、それを制限するためのものでないことに留意すべきである。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来の誘導結合型プラズマ発生装置の概略図

【図2】従来の誘導結合型プラズマ発生用アンテナ装置の概略図

【図3】この発明の一実施例沿う誘導結合型プラズマ発生用アンテナ装置の概略図

【図4】それぞれ図3（a）、3（b）のアンテナ装置の等価回路図。

【図5】この発明の他実施例に沿う誘導結合型プラズマ発生用アンテナ装置の概略図

【図6】この発明の他実施例に沿う誘導結合型プラズマ発生用アンテナ装置の等価回路図である。

【図7】この発明の他実施例に沿う誘導結合型プラズマ発生用アンテナ装置の等価回路図である。

【符号の説明】

100...アンテナ

102...高周波電源

104...チャンバー

106...試料

108...チャック

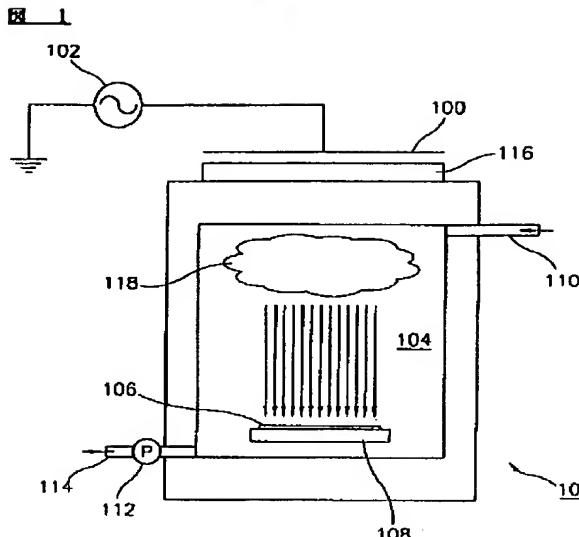
110...ガス注入口

112...真空ポンプ

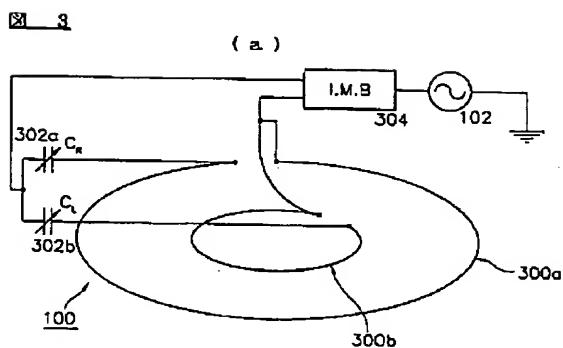
114...ガス排出口

116... 絶縁板

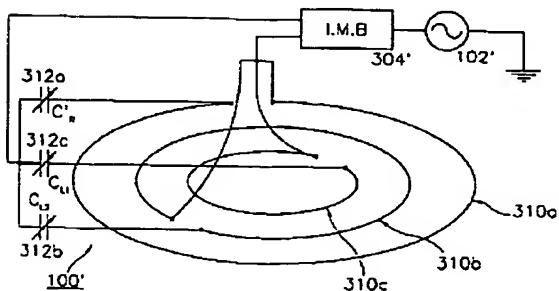
【図 1】



【図 3】

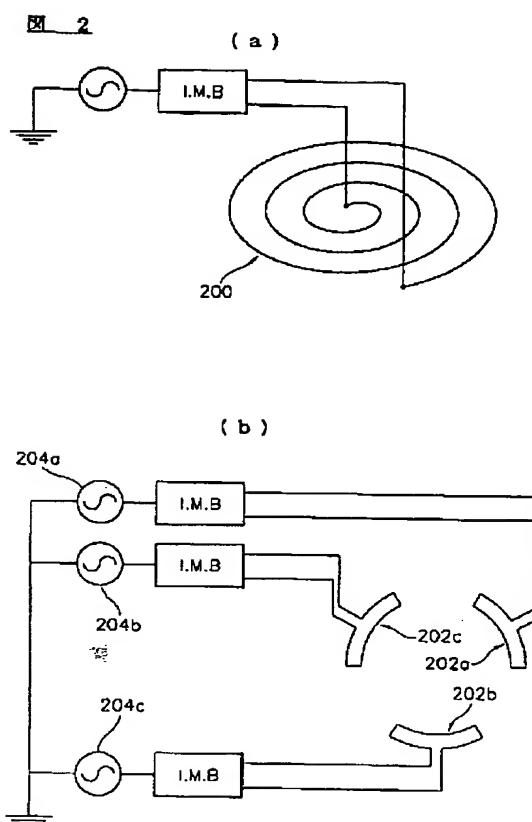


(b)

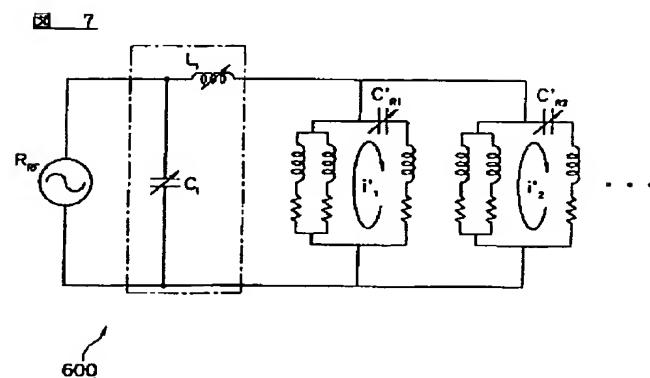


118... プラズマ

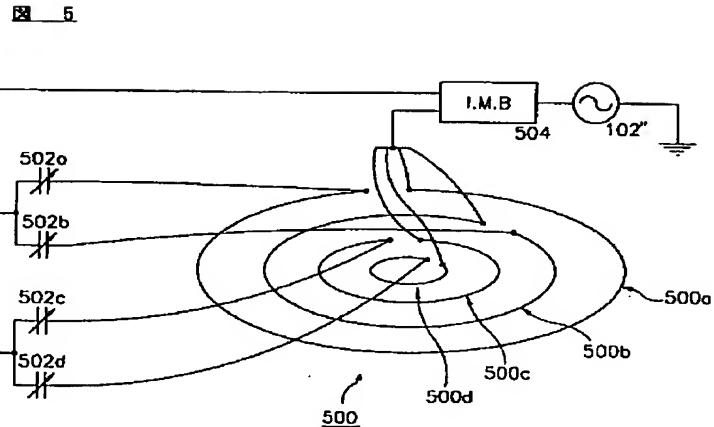
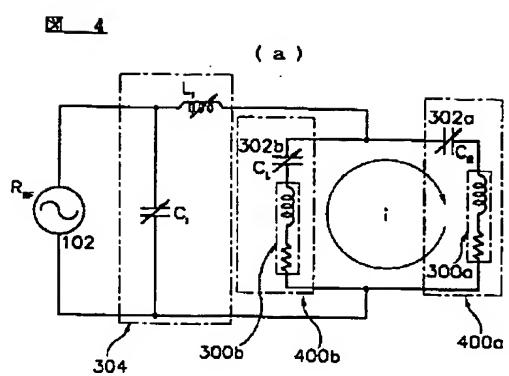
【図 2】



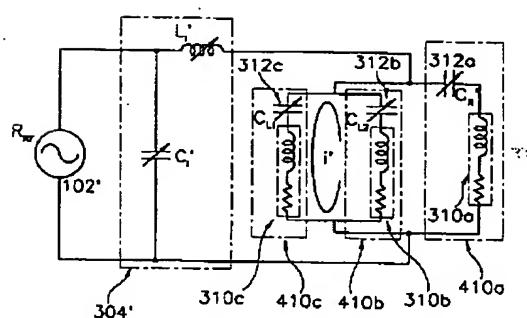
【図 7】



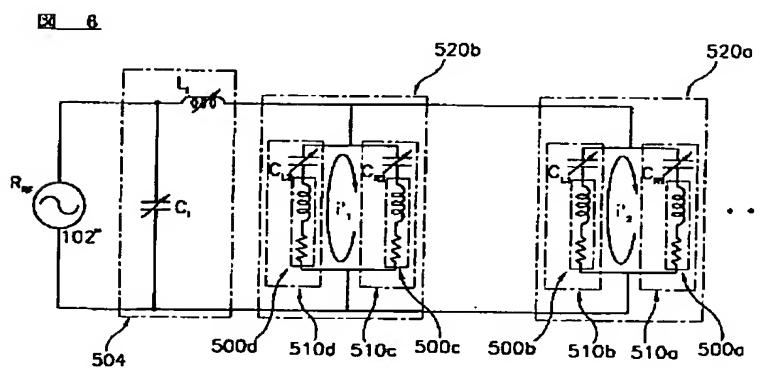
【図4】



(b)



【図6】



フロントページの続き

(71)出願人 500302220

49. Neungpyeong-Ri,
Kwangju-
Ko

r e a

(72)発明者 李 容官

大韓民国大田廣域市儒城區九城洞373-1
韓国科学技術院内

(72)発明者 尹 南植

大韓民国大田廣域市西區月坪1洞1026番地

(72)発明者 金 聖植

大韓民国京畿道楊州郡廣積面石隅里624-
11番地

(72)発明者 李 ▲ピュン▼雨

大韓民国京畿道果川市中央洞101-207番地

(72)発明者 張 鴻永

大韓民国大田廣域市儒城區魚隱洞ハンビットアパート107棟1504號